

**На конкурс «Авиастроитель года» 2014 в номинации
«За успехи в создании систем и агрегатов для авиастроения»**

**Разработка демонстрационных образцов систем и агрегатов
для газотурбинного двигателя «электрического» самолёта**

Одним из наиболее перспективных направлений в развитии авиационной техники является электрификация летательных аппаратов различных типов и назначения: самолетов (от магистральных до малоразмерных беспилотных) и вертолетов (от тяжелых до малоразмерных пилотируемых и беспилотных).

На современных самолётах для работы его различных систем используются три источника энергии – гидравлическая, пневматическая и электрическая. Наличие многочисленных гидравлических и пневматических коммуникаций приводит к снижению надёжности, увеличению габаритов и массы агрегатов, усложнению и удорожанию обслуживания. Улучшение этих показателей становится возможным при замене на самолёте гидравлических и пневматических систем на электрические.

Построение «электрического» летательного аппарата требует решения комплекса проблем по самолёту (системы электроснабжения, управления полётом, кондиционирования, противообледенительная система и др.) и силовой установке (системам управления, топливопитания, смазки и др.).

Это может быть реализовано в перспективных разработках путём создания «электрического» самолёта и «электрического» газотурбинного двигателя (ГТД) для него.

«Электрический» ГТД - это двигатель, в котором применены электрические приводы топливных насосов и органов механизации, встроенный стартёр-генератор, электроприводная система смазки или магнитные подшипники, нет коробки приводов самолётных и двигательных агрегатов, нет отбора воздуха на самолётные нужды.

Экспертные оценки показывают, что «электрический» двигатель будет иметь значительные преимущества по сравнению с двигателями

традиционных схем: на 3...5% повышается топливная экономичность, повышается надёжность в 2 раза, снижается стоимость эксплуатации в 2 раза, на 10...15% уменьшаются масса и мидель двигателя, уменьшаются вредные выбросы в атмосферу.

Технологическое обеспечение этих работ связано с созданием обладающих малой удельной массой регулируемых электрических приводов и генераторов, магнитных подшипников, источников электрической энергии (аккумуляторов, топливных элементов) и др.

За рубежом работы по созданию «электрического» ГТД развернуты крупнейшими двигателестроительными фирмами: Safran, Snecma, Rolls-Royce, PW, GE и др.

В ЦИАМ авторами настоящей работы разработана концепция «электрического» ГТД, сформирована программа работ до 2020 г., создан моторный стенд для отработки демонстрационных систем (см. рис.1).

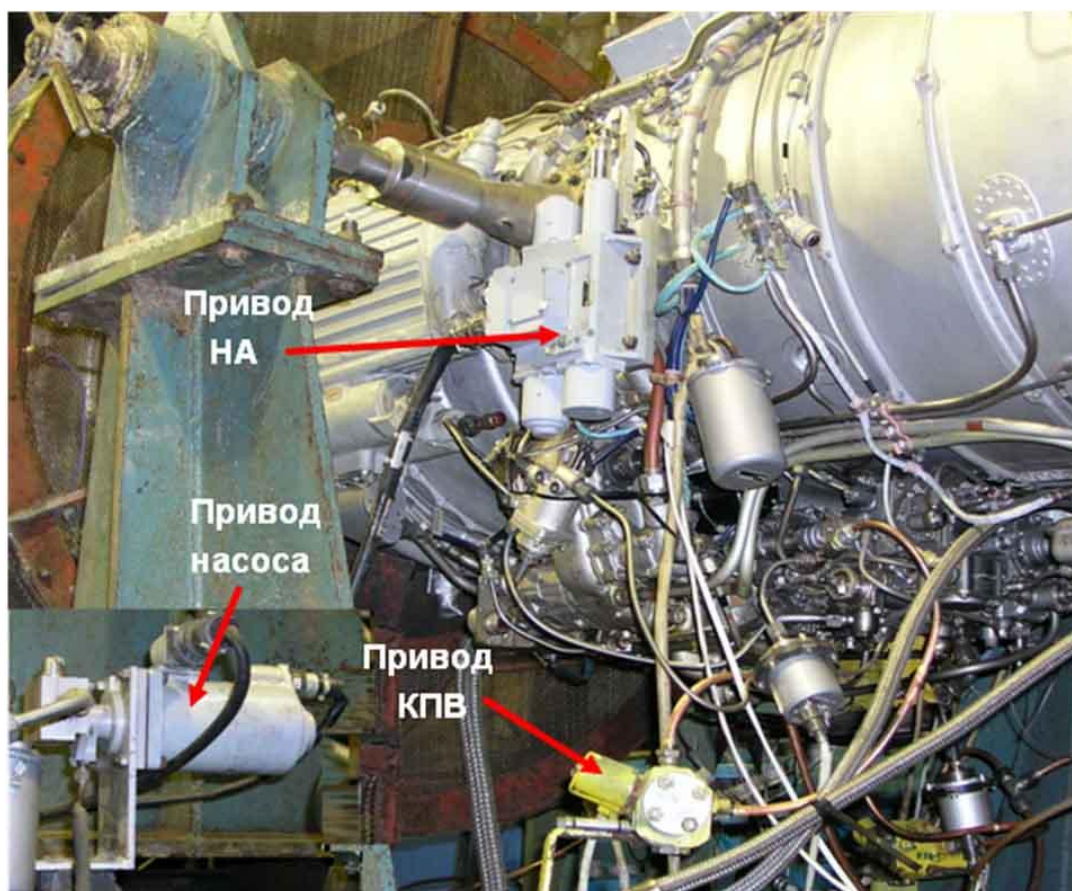


Рис.1 Размещение демонстрационной электроприводной системы автоматического управления на двигателе-демонстраторе моторного стенда

На премию «Авиастроитель года» представляется комплекс теоретических и экспериментальных исследований, направленных на создание газотурбинного двигателя для «электрического» самолёта – «электрического» ГТД.

Мировая практика показывает, что создание демонстрационных образцов – эффективный путь внедрения инновационных технологий.

Для внедрения в промышленность новых технологий на основе проведенных в институте исследований разработаны, изготовлены (с привлечением отечественных ОКБ ОАО «Электропривод», ОАО «ОМКБ», ООО «ЭРГА») и испытаны *демонстрационные образцы инновационных устройств для «электрического» ГТД.*

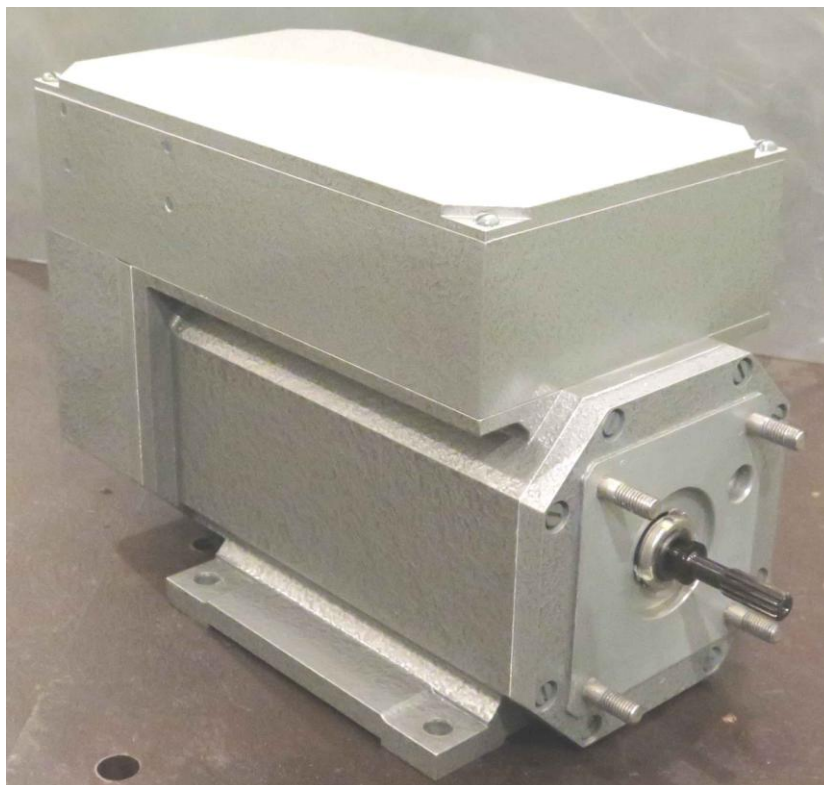
1. Вентильный регулируемый электропривод.

Современные электроприводы (ЭП) не обладают характеристиками, удовлетворяющими требованиям применения в авиации: они имеют большую массу и низкую частоту вращения (удельная масса в потребном диапазоне мощностей превышает 1.0 кг/кВт, частота вращения 3000...6000 об/мин). Влияние на массу оказывает низкий уровень напряжения питания, большой нагрев конструкции и необходимость применения специальных устройств для охлаждения, принятая методика проектирования для выбора мощности электроприводов и др.

Разработана методика проектирования вентильных электроприводов для систем газотурбинных двигателей (систем управления, топливопитания и смазки), в которой рабочее тело гидравлической части систем используется в качестве хладагента для охлаждения электропривода, при определении потребной мощности ЭП применён подход, учитывающий особенности работы устройств в течение полетного цикла, что позволило в полной мере использовать перегрузочную способность вентильных ЭП по моменту (току).

Комплекс этих решений позволил спроектировать электропривод с уменьшенной в два раза удельной массой, составляющей около 0.5 кг/кВт, что соответствует ожидаемому техническому уровню 2018...2020 г.г.

Проведенные испытания разработанного ЭП подтвердили его характеристики по быстродействию, диапазону изменения частоты вращения 1 : 30 (400 ... 12000 об/мин) и температурному режиму. Образец электропривода показан на рис. 2



ления и
родвигателя

игатель

и
вода

х201 x 365 мм

Рис.2 Фотография регулируемого электропривода.

Применение такого электропривода в системах топливопитания ГТД позволит реализовать систему с насосом регулируемой производительности, что до настоящего времени не удаётся выполнить другими способами, при получении современных показателей по надёжности и ресурсу (наработка до 40000 часов). Это позволит существенно снизить подогрев топлива в полёте летательных аппаратов различного назначения, улучшить температурный режим систем смазки и в результате повысить надёжность и безопасность эксплуатации двигателей, улучшить их экологические характеристики и др.

2. Электроприводной шестерённый насос высокого давления.

Для работы с созданным электроприводом разработан шестерённый насос высокого давления, обладающий требуемыми характеристиками по расходу топлива (100...5000 кг/ч в диапазоне частот вращения 1000 ...

12000 об/мин), коэффициенту полезного действия и возможности работы на загрязнённом топливе (рис.3). Это позволяет использовать насос в системах топливопитания вновь разрабатываемых двигателей ПД-14, изд.117 и др.



Рис.3. Шестерённый насос высокого давления

3. Система смазки с электроприводными насосами.

Современные системы смазки ГТД построены на базе насосов, приводимых во вращение от коробки приводов агрегатов, устанавливаемой на двигателе. Создание «электрического» ГТД позволит построить двигатель без коробки приводов, если все приводимые во вращение агрегаты будут использовать электроприводы.

Одной из таких систем является система смазки, в которой применены насосы регулируемой производительности с электроприводом, что позволит улучшить качество смазки подшипников ротора ГТД и таким образом увеличить их ресурс, обеспечить надёжный запуск двигателя при значительных минусовых температурах окружающей среды и др.

Разработана концепция построения систем смазки с электроприводными насосами для ГТД различного назначения (двигателей типа ТРДД для магистральных самолётов, двигателей для военной авиации).

Экспериментальные исследования разработанной демонстрационной системы смазки с электроприводом нагнетающего и откачивающих насосов выявили особенности её работы при двухфазности рабочей среды (масло + воздух), что характерно для маслосистем ГТД. Выявлены проблемы, возникающие при реализации подобных устройств, и определены методы

выбора мощностных характеристик электроприводов для этих условий работы.

4. Радиальные магнитные подшипники.

На современных ГТД крепление роторов осуществляется с помощью механических подшипников, требующих постоянной смазки в процессе работы. Перспективы в данной области связаны с применением электромагнитного подвеса роторов, в которых устранение трения при вращении роторов обеспечивается поддержанием зазора между валом и корпусом с помощью магнитного поля. Существующие конструкции магнитных подшипников, используемых в настоящее время на ряде стационарных установок, обладают массой и габаритами, не приемлемыми для авиационного применения. Выполнен комплекс работ, позволивший создать магнитные подшипники активного типа с электрическим блоком управления и пассивного типа без электрических устройств, которые по массе и габаритам могут быть использованы в авиационных двигателях.



Рис.4 Внешний вид магнитного подшипника

В испытаниях на стендах ФГУП «ЦИАМ», ОАО «ОМКБ», ОАО «Электропривод» и ООО «ЭРГА» подтверждены заявленные характеристики разработанных агрегатов. На рис.5 для примера показан монтаж регулируемого электроприводного насоса на стенде.



Рис.5 Монтаж электроприводного стенда ГУ-212 ЦИАМ

В результате выполненной работы впервые разработаны и испытаны демонстрационные образцы инновационных агрегатов для «электрического» ГТД: электроприводной топливный насос с удельной массой мирового уровня, система смазки с электроприводными насосами и радиальные магнитные подшипники авиационного применения.

Результаты работы внесены для реализации в комплексную программу создания «Более электрического самолёта» (Акт ОАО «ОАК» прилагается).

Магнитный подвес ротора с активным и пассивными магнитными подшипниками демонстрировался в павильоне ФГУП «ЦИАМ» на Международном форуме двигателестроения в 2014 году.

Получен патент № 2540204 на изобретение «Электроприводной насос».

Результаты работ по созданию демонстрационных систем для «электрического» ГТД докладывались на международном конгрессе ICAS-2014 в Санкт-Петербурге.



05 марта 2015 г. 511/44

На № _____ от _____

АКТ

513842

об использовании разработок ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова» при формировании Комплексной программы работ по созданию «более электрического самолета»

В 2014 году под руководством ОАО «ОАК» разработана Комплексная программа по созданию «более электрического самолета». В разработке Комплексной программы принимали участие более 20 предприятий и организаций промышленности, в том числе ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»

Настоящим подтверждаем, что при формировании комплексной программы создания «Более электрического самолёта» использованы результаты разработки ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова» демонстрационных образцов устройств для систем «электрического» ГТД; электроприводные системы управления, топливопитания и смазки.

Вице-президент по программам и инновациям

Л.Н. Комм

Исп. Устинов А.В.
Тел.: +7 495 926 1420

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОДШИПНИКИ ДЛЯ РОТОРА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ (совместно с НПО "ЭРГА")

ПОДШИПНИКИ ДЕМОНСТРАТОРА ДЛЯ РОТОРА МАССОЙ 57 кг



АКТИВНЫЙ РАДИАЛЬНЫЙ МАГНИТНЫЙ ПОДШИПНИК (с блоком управления)

- Масса подшипника 7 кг
- Несущая способность 800 Н
- Радиальный зазор 0,5 мм
- Частота вращения <25000 об/мин
- Электрическая мощность <0,5 кВт

ПАССИВНЫЙ РАДИАЛЬНЫЙ МАГНИТНЫЙ ПОДШИПНИК (не требуется управление)

- Масса подшипника 2 кг
- Несущая способность 1000 Н
- Радиальный зазор < 2 мм
- Частота вращения <25000 об/мин
- Электрическая мощность не требуется



БЛОК УПРАВЛЕНИЯ АМП

- Масса: 5 кг
- Габариты: 430×170×90 мм
- Длина кабелей: до 300 м

- Максимальная масса ротора - не более 1500 кг
- Масса электромагнитного подвеса не более массы подвеса на подшипниках качения с системой смазки